

# 日本天文学会早川幸男基金渡航報告書

2018年9月10日採択

申請者氏名	播金優一 (会員番号 6202)
連絡先住所	〒 277-0882 千葉県柏市柏の葉 5-1-5 宇宙線研究所
所属機関	東京大学宇宙線研究所
職あるいは学年	D3：学振
任期 (再任昇格条件)	
渡航目的	研究集会での口頭発表、ポスター発表、大学でのセミナー発表
講演・観測・研究題目	Evolution of Stellar-to-Halo Mass Ratio at $z=0-7$ Identified by Clustering Analysis with the Hubble Legacy Imaging and Early Subaru/Hyper Suprime-Cam Survey Data
渡航先 (期間)	スペイン、オーストリア、オランダ (2018年8月19日～9月13日)

今回の渡航の目的は、2018年8月から9月に行われた次の2つの研究会

1. Understanding Emission-line galaxies for the next generation of cosmological surveys
  2. IAUS 344: Dwarf Galaxies: From the Deep Universe to the Present
- で発表を行い、さらにライデン天文台でセミナー発表を行うことでした。以下に今回の渡航の主旨と、得られた成果について報告します。

私はこの2つの研究会と1つのセミナー発表で、遠方銀河の星間物質 (inter stellar medium; ISM) の性質についての自分の研究成果 (Harikane et al. 2018b) について発表を行いました。ISMの物理状態の理解においては、[OIII]5007や $H\alpha$ といった静止系可視の強輝線の情報が有用で、実際に赤方偏移 $z < 4$ までの銀河ではこれら静止系可視輝線を使って、ISMの重要な物理量である金属量や電離パラメータが求められてきました。しかし $z > 4$ ではこれらの輝線は赤外に赤方偏移してしまうため、現在の地上望遠鏡からは観測が難しく、 $z > 4$ の銀河のISMの性質はこれまでよく調べられてきませんでした。

一方高赤方偏移銀河では、これらの静止系可視の輝線がSpitzer望遠鏡の赤外バンドに赤方偏移し、結果としてSpitzerの撮像画像上で非常に明るく見え、等級の超過を作ることが知られていました (e.g., Smit et al. 2014, Faisst et al. 2016)。しかし銀河の赤方偏移が決まっていないと、どの輝線がどのSpitzerバンドに入っているのかわかりません。そこで私たちは狭帯域フィルター観測により赤方偏移のよく決まったLyman- $\alpha$  emitter (LAE) を使いました。実際にはすばる/Hyper Suprime-Cam (HSC) 探査 (Aihara et al. 2018ab) によって選択された1092個の $z = 4.9, 5.7, 6.6, 7.0$ のLAE (Shibuya et al. 2018, Itoh et al. 2018, Zhang et al. 2019) とHSC UltraDeep領域で取られたSpitzer望遠鏡の赤外撮像データ (SPLASH, PI: P. Capak) を使いました。LAEのSpitzer等級をモデルSEDと比較することで、[OIII]5007や $H\alpha$ の輝線強度を調べました。また過去のALMA観測結果をコンパイルし、 $z = 5.1 - 7.5$ の34個の銀河の[CII]輝線強度も調べました。

次の3つの結果が得られました。

- a)  $z = 4.9$  では  $H\alpha$  等価幅 (equivalent width, EW) と  $Ly\alpha$  EW は正の相関関係がある。
- b)  $z = 5.7, 6.6, 7.0$  では  $[OIII]/H\alpha$  フラックス比は、 $Ly\alpha$  EW の関数として  $EW_{Ly\alpha} = 10 - 30 \text{ \AA}$  で上昇し、 $EW_{Ly\alpha} = 30 - 200 \text{ \AA}$  で減少する。
- c)  $z = 5.1 - 7.5$  では  $[CII]$  光度と星形成率の比は  $Ly\alpha$  EW と負の相関関係がある。

さらに私たちは星種族合成モデルと光電離モデルを組み合わせたコードを使い (Chevallard et al. 2016)、 $Ly\alpha$  EW と ISM の金属量の反相関関係が、これら3つの関係すべてを同時に説明できることを示しました。このことは遠方宇宙の LAE は金属量が低いため  $[CII]$  輝線が弱く、電離光子を多く生産していることを示しています。また、電離光子の生成効率を定量的に議論するために  $z = 4.9$  LAE の電離光子生成効率 ( $\xi_{ion}$ ) を求めたところ、 $\log(\xi_{ion}/[\text{Hz erg}^{-1}]) = 25.5$  であり、同じ赤方偏移、UV 等級の LBG の平均値 (Bouwens et al. 2016) よりも 60-100% 高い値が得られました。これは LAE のような暗い輝線銀河が宇宙再電離に大きく寄与したことを示しています。

以上の研究成果について2つの研究会とセミナーで発表しました。1の研究会では、Keck 望遠鏡の MOSFIRE を使った MOSDEF や KBSS といった分光サーベイで本研究と関連する研究を行っている Alice Shapley 教授や Alison Storm 氏、 $z > 6$  銀河の静止系紫外輝線を研究している Ramesh Mainali 氏が参加しており、私の口頭発表後に彼らとダストの影響や  $\alpha$ -element、AGN の寄与の有無について議論を行うことができました。また Pascale Hibon 氏と  $Ly\alpha$  blob の選択方法について詳細な議論を行い、今後共同研究を進めていくことを決定できました。2の研究会には VLT/MUSE で LAE 探査を行っている Tanya Urrutia 氏や遠方銀河のシミュレーションを専門とする Daniel Ceverino 氏が参加しており、私のポスター発表では彼らの結果と本研究結果を比較、議論することができました。3の訪問先である Leiden 天文台ではセミナー発表後、Bouwens et al. (2016) の著者である Rychard Bouwens 教授を含む多くの方から質問をいただきました。さらにそのあとの滞在後半では MUSE を使って輝線銀河を研究している Michael Maseda 氏や、遠方銀河研究の大御所であり JWST 探査をリードしている Marijn Franx 教授と私たちの結果や Leiden グループの結果について議論を行うことができました。

最後になりますが、本国際会議での発表と多くの研究者との価値ある議論を可能にしてください。早川幸男基金に感謝の意を示し、報告を終わりたいと思います。